

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОСТИЖЕНИЙ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ В ТУРБОГЕНЕРАТОРОСТРОЕНИИ**

**Н.И. ДЗЮБА<sup>1\*</sup>, В.В. ШЕВЧЕНКО<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> студент кафедры электрических машин, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

<sup>2</sup> профессор кафедры электрических машин, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

\*email: zurbagan8454@gmail.com

Промышленное освоение сверхпроводников (СП) II рода (так называемых «жестких» СП-ков), явившееся результатом многолетних теоретических и экспериментальных исследований в разных странах, открыло возможности создания силового электротехнического оборудования с использованием явления СП-сти. Это позволило уменьшить массу и габаритные размеры электрических машин, увеличить их предельную мощность и КПД, в частности, турбогенераторов (ТГ), получить машины с минимальным моментом инерции, с малым временем реверса, со специальными характеристиками. В 1986 г. была открыта высокотемпературная сверхпроводимость (ВТСП), что активировало внимание ученых и специалистов, [1]. Поэтому исследования возможности внедрения ВТСП-ков в турбогенераторостроение актуально.

Целью работы является анализ и выбор конструктивных решений ТГ с обмотками из ВТСП-ков и способы их криостатирования.

Стремление к реализации преимуществ использования явления СП-сти в электрических машинах (ЭМ) поставила перед промышленностью новые проблемы научного, опытного и конструкторского плана. Эти проблемы возникают из-за физических процессов, протекающих в СП-ковых ЭМ, а также вследствие особенностей их конструкции. К ним относится наличие криостата, в котором при сверхнизких температурах реализуются условия, необходимые для возникновения СП-мости. Практическая возможность использования ВТСП в технике определяется технологией получения ВТСП материалов с нужными параметрами в виде проводов, лент, покрытий и т. п.

Известно, что крио-ТГ со СП-щей обмоткой возбуждения обладают повышенным КПД, большей мощностью в тех же габаритах, меньшим синхронным реактансом, повышающим устойчивость системы. Предельная мощность, при которой крио-ТГ с ВТСП становятся предпочтительнее «теплых» ТГ, по разным оценкам составляет 600—1500 МВт. Применение ВТСП может повысить КПД машин на 0,1-0,2 %, существенно упростить проблему тепловой и электрической изоляции, повысить напряжение и надежность. Криотурбогенератор состоит из статора, ротора и вращающегося криостата с помещенного в него СП-щей системой возбуждения, (рис. 1). Ротор 1 представляет собой криостат, состоящий из системы соосных цилиндров с вакуумными промежутками, теплового экрана 2, теплообменников 3, тепловых мостов и двух полувазов для вращения криостата в подшипниках.

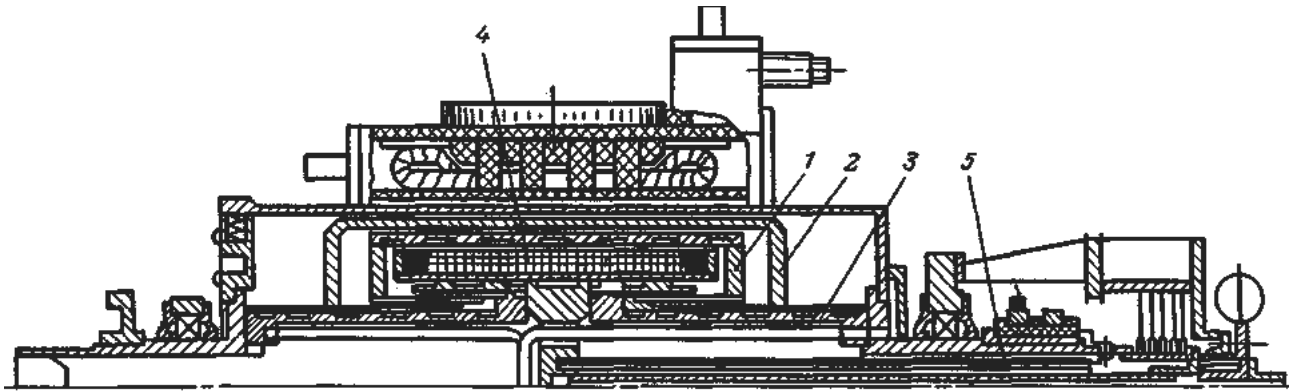


Рис. 1 - Конструктивная схема криотурбогенератора:  
1 — ротор; 2 — тепловой экран; 3 — теплообменники;  
4 — сверхпроводящая система возбуждения; 5 — токоввод

Во внутреннем сосуде криостата находится СП-щая система возбуждения ТГ 4. Температура, необходимая для работы СП-щей обмотки, поддерживается путем подачи жидкого газа и отвода паров через систему концентрических трубок, расположенных в центральном отверстии полувала и соединенных с внешними линиями через магнитожидкостное уплотнение. Обмотка возбуждения (ОВ) состоит из двух седлообразных катушек, намотанных из СП-щего провода. Запитка ОВ током производится через контактные кольца на валу ротора и далее через пластинчатый токоввод 5, охлаждаемый выходящими парами газа. Исследователями были изготовлены и исследованы вращающиеся криостаты для ТГ с неметаллическим и ферромагнитным статорами в двух вариантах: с *Nb-Ti* и *Nb-Sn* обмотками возбуждения. Оба ротора имели идентичную конструкцию и отличались только материалом ОВ, что дало возможность непосредственно сравнить характеристики генераторов. Сравнение производилось для генератора с ферромагнитным статором. Результаты испытаний показали, что основные преимущества генератора с использованием *Nb-Sn* обмотки заключаются в снижении расхода криоагента и в возможности повышения стабильности СП обмотки при скачкообразном изменении тока возбуждения. При одинаковых выходных параметрах расход криоагента в генераторе с обмоткой из *Nb-Sn* примерно в два раза меньше, чем у генератора с *Nb-Ti*, и составляет 10—12 л/час.

Существует еще одна проблема - обеспечение высокой надежности токовводов. Перепад температур на токовводах составляет около 300 К, они имеют внутренние источники тепловыделения, и поэтому представляют собой один из наиболее напряженных в эксплуатационном отношении узлов СП-вого электротехнического устройства, являясь потенциально опасным источником аварий в криогенной зоне.

#### Список литературы:

1. Шевченко, В.В. Современное состояние и перспективы применения сверхпроводников в электроэнергетике. / В.В. Шевченко, А.Ю. Гавриш // ХУПС: Системи обробки інформації. - Вип. 5(45). - 2005. - С. 194-204.